

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia sebagian besar masih bergantung pada pemanfaatan sumber daya alam. Meskipun sumber daya alam yang melimpah memiliki potensi besar untuk pembangunan, pengelolaan yang kurang cermat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan bencana alam (Dwihatmojo dan Daryaka, 2016).

Kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, inovasi teknologi, pertumbuhan ekonomi, penambahan penduduk, dan perkembangan industri telah menghasilkan perubahan yang cukup signifikan. Terutama dalam penggunaan sumber daya alam yang terus meningkat, hal ini telah mengakibatkan penurunan ketersediaannya. Tingkat ketersediaan dan kelangkaan sumber daya mengacu pada cara mengelola sumber daya yang langka agar tetap lestari tanpa merusak atau mengurangi dampak lingkungan (Solihin dan Rija, 2007).

Kota Bandar Lampung merupakan pusat administrasi Provinsi Lampung. Selain berfungsi sebagai pusat kegiatan pemerintahan, sosial, politik, pendidikan, dan budaya, kota ini juga memiliki peran sentral dalam kegiatan ekonomi wilayah Lampung. Terletak pada lokasi strategis, Bandar Lampung berkontribusi terhadap perkembangan dan pertumbuhan kota karena berfungsi sebagai zona transit dalam aktivitas ekonomi antara Pulau Sumatera dan Pulau Jawa. Menurut data dari BPS (2023), terdapat 197 industri menengah, 3453 industri kecil, dan 8446 industri rumah tangga di Kota Bandar Lampung.

Tabel 1.1 Data penduduk Kota Bandar Lampung

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2018	1.033.803
2	2019	1.051.500
3	2020	1.166.066
4	2021	1.184.949
5	2022	1.209.937

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023



Gambar 1.1 Grafik jumlah penduduk

Berdasarkan data BPS (2023), terlihat bahwa jumlah penduduk di Kota Bandar Lampung mengalami peningkatan setiap tahun, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.1. Pada tahun 2020, jumlah penduduk mencapai 1.166.066 jiwa dan jumlah penduduk meningkat menjadi 1.209.937 jiwa pada tahun 2022.

Salah satu metode untuk mendukung perkembangan potensi pemanfaatan lahan di suatu wilayah adalah melalui penyusunan neraca sumber daya lahan. Neraca sumber daya lahan memberikan gambaran tentang berapa banyak sumber daya lahan yang telah digunakan dan berapa cadangan yang masih tersedia. Menurut Suwignyo, neraca sumber daya lahan menjadi dasar bagi pembangunan berkelanjutan serta peningkatan kualitas lingkungan. Pendekatan spasial dalam neraca ini menekankan pada produksi informasi neraca dengan memanfaatkan data keruangan atau spasial (Dwihatmojo dan Daryaka, 2016).

Data yang akurat mengenai tutupan lahan memiliki peran penting dalam meningkatkan performa model-model ekosistem, hidrologi, dan atmosfer, sebagaimana dikemukakan oleh Sampurno (2016). Tutupan lahan mengacu pada fitur fisik yang terlihat di permukaan bumi. Informasi mengenai tutupan lahan ini dapat menggambarkan interaksi antara proses alam dan sosial yang terjadi. Data tentang tutupan lahan ini memiliki nilai penting dalam pemodelan dan pemahaman fenomena alam yang terjadi di planet ini (Liang, 2008 dalam Sampurno, 2016).

1.2. Tujuan

Tujuan utama dari penulisan Tugas Akhir (TA) ini adalah:

- 1) Membuat peta sebaran perubahan penggunaan lahan Kota Bandar Lampung pada tahun 2018-2022
- 2) Menghitung perubahan luas penggunaan lahan Kota Bandar Lampung pada tahun 2018-2022

1.3. Kerangka Pemikiran

Pemetaan tutupan lahan dapat dijalankan melalui interpretasi citra, baik secara manual maupun digital. Saat mengumpulkan data, metode penginderaan jauh dimanfaatkan untuk menghasilkan peta tutupan lahan yang cepat, akurat, dan efisien. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang tepat terhadap jenis tutupan lahan dan juga mampu mencakup area luas dengan biaya yang relatif terjangkau.

Penginderaan jauh merupakan ilmu yang digunakan untuk mendapatkan informasi tentang permukaan bumi, seperti tanah dan air, melalui analisis gambar yang diambil dari jarak jauh. Informasi mengenai data tanah dapat diperoleh melalui proses klasifikasi citra, sebagaimana dijelaskan oleh Indarto (2014). Metode klasifikasi citra yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah klasifikasi terbimbing.

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8. Citra ini termasuk dalam kategori citra resolusi sedang dan memiliki tipe data multispektral. Landsat 8 memiliki sensor Onboard Operational Land Imaging (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS). Citra multispektral mengandung informasi dari berbagai spektrum cahaya yang berbeda (Arifin & Nova, 2003 dalam Hertsegovina et al. 2018).

1.4. Kontribusi

Kontribusi dari Penyusunan Neraca Sumberdaya Lahan Tahun 2018-2022 dengan Metode *Supervised Classification* Google Earth Engine (Studi Kasus: Kota Bandar Lampung), yaitu:

- 1) Bagi Penulis dapat mengetahui perubahan tutupan lahan pada tahun 2018-2022 di Kota Bandar Lampung.

- 2) Bagi Kampus, bertujuan sebagai alat bantu pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa-mahasiswa di Politeknik Negeri Lampung dalam proses penyusunan neraca sumber daya lahan.
- 3) Bagi Pembaca, sebagai bahan kajian dan literatur mengenai neraca sumber daya lahan

1.5. Gambaran Umum

1.5.1. Badan Informasi Geospasial

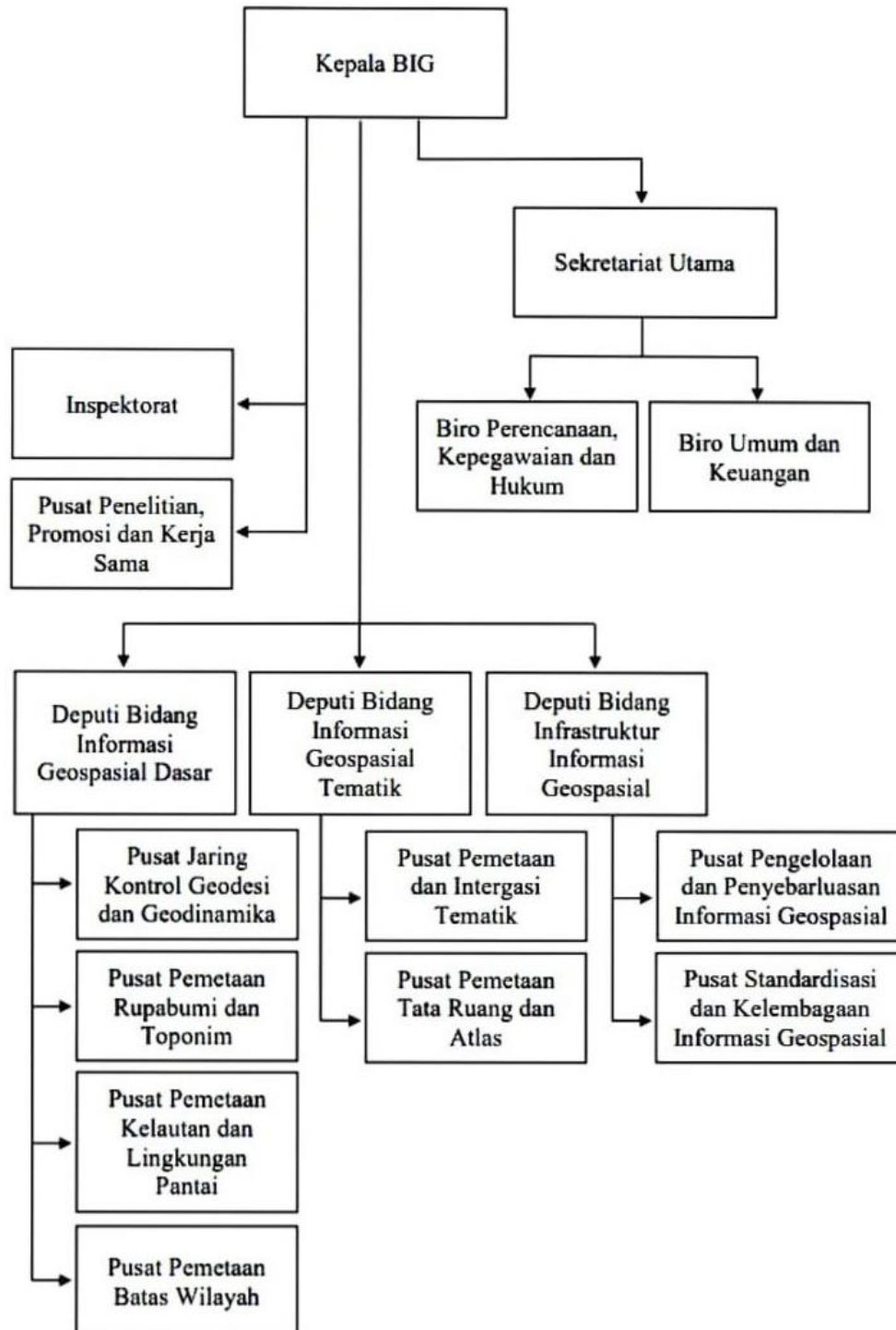
Badan Informasi Geospasial (BIG), sebelumnya dikenal dengan nama Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), adalah sebuah organisasi non-pemerintah di Indonesia yang memiliki tanggung jawab dalam menjalankan berbagai tugas pemerintahan terkait informasi geospasial. BIG melapor langsung kepada Presiden dan berlokasi di Jl. Raya Jakarta-Bogor KM.46, Cibinong, Bogor, 16911.



Gambar 1.2 Badan Informasi Geospasial

1) Struktur Organisasi

Struktur organisasi tercantum dalam Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia No. 4 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Informasi Geospasial. Struktur organisasi Badan Informasi Geospasial sebagai berikut.



Gambar 1.3 Struktur Organisasi Badan Informasi Geospasial

2) Tugas Pokok dan Fungsi

Pasal 22 Ayat 4 UU No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial mengatur bahwa ketentuan lebih lanjut mengenai tugas, fungsi, susunan organisasi, dan tata kerja Badan Informasi Geospasial diatur dengan peraturan Presiden. Sesuai dengan kewajiban pasal yang sama, Pemerintah melalui Perpres No. 94 Tahun 2011

tanggal 27 Desember 2011 tentang Badan Informasi Geospasial, mengganti Badan Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) menjadi Badan Informasi Geospasial (BIG). Pasal 2 Perpres No. 94 Tahun 2011 menyebutkan bahwa BIG bertugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang informasi geospasial. Pada pasal 3 menyatakan bahwa untuk melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2, BIG menyelenggarakan fungsi sebagai berikut:

- a. Perumusan dan pengelolaan kebijakan teknis di bidang informasi geospasial
- b. Menyusun rencana dan program di bidang informasi geospasial.
- c. Penyelenggaraan informasi geospasial dasar, meliputi pengumpulan, pengolahan, penyimpanan data dan informasi, serta pemanfaatan informasi geospasial dasar.
- d. Integrasi informasi geospasial tematik yang diselenggarakan oleh instansi pemerintah dan/atau pemerintah daerah sesuai dengan peraturan perundang-undangan.
- e. Pelaksanaan informasi geospasial tematik yang tidak dimiliki oleh pihak lain selain BIG meliputi pengumpulan, pengolahan, penyimpanan data dan informasi, serta penggunaan informasi geospasial tematik.
- f. Penyelenggaraan infrastruktur informasi geospasial, termasuk penyimpanan, keamanan, distribusi data dan informasi, dan penggunaan informasi geospasial.
- g. Penyelenggaraan dan pembinaan jaringan informasi geospasial.
- h. Akreditasi kepada lembaga sertifikasi di bidang informasi geospasial
- i. Melakukan kerjasama dengan instansi dan lembaga pemerintah, swasta, serta masyarakat dalam dan luar negeri.
- j. Pelaksanaan koordinasi, integrasi dan sinkronisasi di lingkungan BIG.
- k. Pelaksanaan koordinasi, pelaporan, penyusunan peraturan perundang-undangan dan pemberian bantuan hukum.
- l. Mengarahkan dan mengelola administrasi, organisasi dan administrasi, sumber daya manusia, keuangan, protokol, hubungan masyarakat, kolaborasi, hubungan antar lembaga, kearsipan, persandian, aset pemerintah, peralatan, dan rumah tangga BIG.
- m. Pelaksanaan pelatihan dan pendidikan, penelitian dan pengembangan, promosi produk dan jasa di bidang informasi geospasial.

- n. Menyusun dan menyiapkan rencana serta melakukan pengawasan fungsional.
Berikut adalah tugas dan fungsi masing-masing bidang:
- a. Kepala
Kepala bertugas memimpin Badan Informasi Geospasial dalam menjalankan tugas dan fungsinya.
- b. Sekretariat Utama
Sekretariat Utama bertugas mengkoordinasikan perencanaan, pembinaan dan pengelolaan program, administrasi dan sumber daya di dalam badan tersebut. Sekretariat Utama melaksanakan tugas sebagai berikut:
- (1) Pelaksanaan koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi di lingkungan instansi;
 - (2) Perencanaan, pelaporan, penyusunan undang-undang, dan koordinasi perwakilan hukum;
 - (3) Pembinaan dan pelayanan administrasi tata usaha, organisasi dan tata laksana, kepegawaian, keuangan, keprotokolan, hubungan masyarakat, kerjasama, hubungan antar lembaga, kearsipan, komunikasi, persandian, barang milik negara, fasilitas dan rumah tangga badan.
 - (4) Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh kepala.
- c. Inspektorat
inspektorat bertugas melaksanakan pengawasan intern. inspektorat melakukan tugas-tugas berikut:
- (1) Penyusunan pedoman teknis pengawasan intern.
 - (2) Pelaksanaan pengawasan internal atas kinerja dan keuangan melalui audit, tinjauan, evaluasi, pemantauan, dan aktivitas pengawasan lainnya.
 - (3) Melakukan pengawasan untuk tujuan tertentu atas nama Kepala;
 - (4) Penyusunan laporan tentang hasil pengawasan.
 - (5) Pelaksanaan urusan administrasi inspektorat;
 - (6) Pelaksanaan fungsionalitas lain yang ditentukan oleh kepala.
- d. Deputi Bidang Informasi Geospasial Dasar
Deputi Bidang Informasi Geospasial Dasar bertugas merumuskan dan melaksanakan pedoman teknis di bidang informasi geospasial dasar serta mengawasi pelaksanaannya. Deputi Bidang Informasi Geospasial Dasar melakukan tugas-tugas berikut:

- (1) Perumusan dan pengendalian pedoman teknis di bidang informasi geospasial dasar.
- (2) Penyusunan rencana dan program di bidang informasi geospasial dasar.
- (3) Penyelenggaraan informasi geospasial dasar, meliputi pengumpulan, pengolahan, penyimpanan data dan informasi, serta penggunaan informasi geospasial dasar.
- (4) Melaksanakan kerjasama dengan instansi dan lembaga pemerintah, swasta, serta masyarakat di dalam dan luar negeri.
- (5) Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh Kepala.

e. Deputi Bidang Informasi Geospasial Tematik

Deputi Bidang Informasi Geospasial Tematik bertugas merumuskan dan melaksanakan pedoman teknis informasi geospasial tematik dan mengendalikan pelaksanaannya. Deputi Bidang Informasi Geospasial Tematik melakukan tugas-tugas berikut:

- (1) Perumusan dan pengendalian pedoman teknis di bidang informasi geospasial tematik.
- (2) Penyusunan rencana dan program di bidang informasi geospasial tematik.
- (3) Integrasi informasi geospasial tematik yang diselenggarakan oleh instansi pemerintah dan atau pemerintah daerah berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (4) Penyelenggaraan informasi geospasial tematik yang tidak diselenggarakan oleh lembaga meliputi pengumpulan data, pengolahan, penyimpanan data dan informasi, dan penggunaan informasi geospasial tematik.
- (5) Melaksanakan kerjasama dengan instansi dan lembaga pemerintah, swasta, serta masyarakat di dalam dan luar negeri.
- (6) Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh Kepala.

f. Deputi Bidang Infrastruktur Informasi Geospasial

Bidang Infrastruktur Informasi Geospasial bertugas merumuskan dan melaksanakan petunjuk teknis di bidang infrastruktur informasi geospasial serta mengawasi pelaksanaannya. Deputi infrastruktur informasi geospasial melakukan tugas-tugas berikut:

- (1) Perumusan dan pengendalian pedoman teknis di bidang infrastruktur informasi geospasial.
- (2) Penyusunan rencana dan program di bidang infrastruktur informasi geospasial.
- (3) Penyelenggaraan infrastruktur informasi geospasial meliputi penyimpanan data dan informasi, pengamanan, pendistribusian, dan penggunaan informasi geospasial.
- (4) Penyelenggaraan dan pembinaan jaringan informasi geospasial;
- (5) Akreditasi kepada lembaga sertifikasi di bidang informasi geospasial.
- (6) Melaksanakan kerjasama dengan instansi dan lembaga pemerintah, swasta, serta masyarakat di dalam dan luar negeri.
- (7) Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh Kepala.

1.5.2. Kota Bandar Lampung

1) Letak Geografis

Secara geografis, Kota Bandar Lampung terletak di antara $105^{\circ}28'$ hingga $105^{\circ}37'$ Bujur Timur dan $5^{\circ}20'$ hingga $5^{\circ}30'$ Lintang Selatan. Kota ini memiliki batas wilayah yang dijelaskan sebagai berikut:

- a. Di bagian utara, Kota Bandar Lampung berbatasan dengan Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.
- b. Di bagian selatan, Kota Bandar Lampung berbatasan dengan Teluk Lampung.
- c. Di bagian barat, Kota Bandar Lampung berbatasan dengan Kecamatan Gedung Tataan dan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran.
- d. Di bagian timur, Kota Bandar Lampung berbatasan dengan Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan.

2) Topografi

Kota Bandar Lampung memiliki ketinggian antara 0 hingga 700 meter di atas permukaan laut dan memiliki karakteristik topografi sebagai berikut:

- a. Bagian pesisir Kota Bandar Lampung meliputi wilayah di sekitar daerah Panjang bagian selatan dan Teluk Betung.
- b. Daerah perbukitan terdapat di bagian utara Teluk Betung.

- c. Daerah dataran tinggi dengan sedikit kontur bergelombang terletak di daerah Tanjung Karang bagian barat, yang dipengaruhi oleh gunung Balau, serta di perbukitan Batu Serampok dibagian timur selatan.
- d. Kawasan ini mencakup Teluk Lampung dan pulau-pulau kecil di sebelah selatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lahan

Lahan adalah gabungan dari banyak elemen yang dapat menjadi sumber daya, dan berpotensi menentukan sumber daya lahan ditentukan dari masing-masing elemen. Berdasarkan konsep ini, tanah mencakup semua sumber daya, baik alam maupun buatan manusia, yang bersifat terus-menerus dan berulang menurut siklus alam.

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang terdiri dari unsur-unsur seperti tanah, iklim, hidrologi, topografi, dan vegetasi, yang saling berinteraksi dalam batas tertentu dan secara bersama-sama mempengaruhi ketersediaan lahan (FAO, 1976 dalam Rayes, 2007).

Menurut FAO (1995) yang dikutip dalam Rayes (2007), lahan memiliki beberapa fungsi, yaitu:

1) Fungsi produksi

Fungsi produksi meliputi memberikan manusia makanan, kayu sebagai bahan bakar, pakan ternak, serat, serta bahan biologis lainnya baik secara langsung atau melalui kegiatan peternakan. Ini juga mencakup budidaya tambak serta berperan sebagai landasan untuk berbagai sistem pendukung kehidupan melalui produksi biomassa.

2) Fungsi lingkungan biotik

Lahan merupakan fondasi dari keragaman ekosistem di daratan, yang menyediakan habitat biologis serta plasma nutfah yang penting bagi beragam tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme.

3) Fungsi pengatur iklim

Lahan dan pemanfaatannya berperan sebagai sumber dan penyerap gas rumah kaca. Selain itu, lahan juga memiliki peran dalam mengatur keseimbangan energi global dan siklus air global melalui refleksi, penyerapan, dan konversi energi radiasi matahari.

4) Fungsi hidrologi

Lahan memiliki peran dalam mengatur penyimpanan dan aliran sumber daya air, baik itu air permukaan maupun air bawah tanah. Selain itu, lahan juga mempengaruhi kualitas air yang ada dalam sistem tersebut.

5) Fungsi penyimpanan

Lahan berfungsi sebagai reservoir atau cadangan bahan mentah dan mineral yang dapat digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan konsumsi.

6) Fungsi pengendali sampah dan polusi

Lahan berperan sebagai penerima, penyangga, filter, dan pengubah dalam menghadapi bahaya lingkungan seperti polusi dan pencemaran.

7) Fungsi ruang kehidupan

Lahan juga berfungsi sebagai tempat fisik untuk tempat tinggal manusia, kegiatan industri, serta berbagai aktivitas sosial seperti olahraga dan rekreasi.

8) Fungsi peninggalan dan penyimpanan

Lahan juga berperan sebagai medium untuk melestarikan dan melindungi bangunan-bangunan bersejarah, sebagai sumber informasi tentang kondisi iklim di masa lalu, dan dalam mengamati pola penggunaan lahan.

9) Fungsi penghubung spasial

Lahan memberikan ruang untuk pergerakan manusia, input kegiatan manusia, proses produksi, serta pergerakan flora dan fauna di antara berbagai ekosistem alam, termasuk daerah-daerah yang terpencil.

2.1.1. Tutupan Lahan

Istilah "*land cover*" atau tutupan lahan memiliki beberapa definisi yang diberikan oleh para ahli. Menurut Lillesand dan Kiefer, tutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan yang terlihat pada permukaan bumi. Sedangkan menurut Townsend dan Justice, tutupan lahan merujuk pada representasi fisik dari vegetasi, objek alam, dan unsur budaya yang ada di permukaan bumi, terlepas dari aktivitas manusia yang ada. Menurut Barret dan Leonard (1999) dalam Ningsih *et al.* (2022) menyatakan bahwa permukaan bumi dapat dibagi menjadi dua bagian, misalnya kenampakan alam (*land cover*), tanaman, salju, dll. Dan berupa perwujudan hasil kegiatan manusia (penggunaan lahan).

2.1.2. Neraca Sumber Daya Lahan

Fokus neraca spasial adalah penerapan informasi terkait wilayah atau luas tanah untuk menyusun informasi neraca. Neraca sumber daya lahan spasial diciptakan dengan tujuan merefleksikan perubahan dalam sumber daya lahan (aset) antara awal dan akhir periode tertentu. Struktur kerangka kerja neraca sumber daya lahan spasial dinyatakan melalui representasi peta perubahan atau informasi geospasial, dan model statistik dalam bentuk tabel diskonto.

Penyusunan neraca sumber daya lahan secara nasional diatur oleh standar SNI 6728.3-2015, bagian 3 yang berjudul "Sumberdaya Lahan tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam". Neraca Sumber Daya Lahan merupakan tindak lanjut dari pengesahan berbagai undang-undang, seperti UU No. 26 Tahun 2007 tentang Tata Ruang, UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, UU No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, serta Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2004.

2.1.3. Penggunaan Lahan

Secara umum, penggunaan lahan dapat dikategorikan dalam beberapa jenis, termasuk pertanian beririgasi, pertanian tadah hujan, padang rumput, kawasan hutan, serta tempat rekreasi. Penggunaan lahan ini sering digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi atau menggambarkan kualitas lahan dengan pendekatan yang lebih kualitatif (Rayes, 2007).

Menurut Lillesand & Ralph, penggunaan lahan mengacu pada tampilan fisik dari elemen-elemen yang meliputi permukaan bumi, yang berhubungan dengan aktivitas manusia di planet ini. Di sisi lain, menurut Sitorus, penggunaan lahan merujuk pada penggunaan utama yang diberikan pada sebidang tanah, dan penggunaan lahan sekunder mengacu pada penggunaan ganda yang diberikan pada tanah yang sama, seperti lahan pertanian, padang rumput, hutan, dan lain sebagainya.

Penggunaan lahan bisa dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu penggunaan lahan untuk pertanian dan penggunaan lahan selain pertanian. Penggunaan lahan pertanian dikelompokkan lagi menjadi lahan kering, ladang, kebun, dan lain sebagainya. Di sisi lain, penggunaan lahan yang tidak berhubungan

dengan pertanian dibagi menjadi kategori seperti pemukiman, industri, rekreasi, dan lain sebagainya.

2.1.4. Perubahan Penggunaan Lahan

Seperti yang diungkapkan oleh Martono (2008) yang dikutip dalam Sulistiawati (2015), perubahan penggunaan lahan mengacu pada peningkatan dari satu bentuk penggunaan lahan ke bentuk penggunaan lainnya, yang sering disertai dengan pengurangan penggunaan lahan yang sebelumnya ada secara berkelanjutan atau pergeseran fungsi suatu lahan selama jangka waktu tertentu. Perubahan ini muncul sebagai respons terhadap kebutuhan untuk memenuhi pertumbuhan penduduk yang terus meningkat.

Perubahan penggunaan lahan mengacu pada peningkatan dalam penggunaan lahan yang berbeda dari penggunaan sebelumnya, baik untuk keperluan industri maupun komersial. Perubahan dalam penggunaan lahan non-pertanian bersifat tidak dapat dibalik (*irreversible*), karena memerlukan waktu yang lama dan biaya yang signifikan untuk mengembalikannya ke kondisi semula. Perubahan penggunaan lahan juga terjadi pada daerah yang memiliki potensi ekonomi yang baik. Pengembangan permukiman di wilayah industri cenderung lebih tinggi daripada perkembangan permukiman yang berada jauh dari wilayah industri.

Dari waktu ke waktu, jumlah penduduk yang terus bertambah menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Pembangunan perumahan di pemukiman saat ini merupakan bisnis yang menjanjikan, akibatnya pembangunan perumahan selalu berkembang. Hal ini berdampak mengurangi lahan pertanian.

Umumnya, perubahan penggunaan lahan dapat terpantau dengan memanfaatkan data spasial, seperti peta penggunaan lahan dari tahun ke tahun dengan lokasi yang berbeda. Data dari teknologi penginderaan jauh sangat bermanfaat untuk mendeteksi perubahan dalam tutupan lahan.

2.2. Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand & Ralph (1993) dalam Afasel et al. (2022), Penginderaan Jauh adalah disiplin ilmu yang bertujuan untuk memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena dengan menganalisis data yang diperoleh tanpa perlu kontak langsung dengan objek yang diamati. Konsep dasar dalam penginderaan

jauh terdiri dari beberapa elemen, termasuk sumber energi, interaksi energi dengan objek di permukaan bumi, sensor, pengaruh atmosfer, sistem pengolahan data, serta berbagai cara pemanfaatan informasi yang dihasilkan.

Sensor merupakan alat pengindra yang digunakan dalam pengambilan data penginderaan jauh, untuk mengumpulkan data jarak jauh biasanya sensor terdapat di *platform* berupa satelit, pesawat terbang, balon, atau kendaraan lainnya. Data *remote sensing* dapat berupa *imagery* (citra), grafik, serta data numerik (Purwadhi, 2001).

2.3. Machine Learning

Google Earth Engine adalah sebuah platform berbasis cloud yang memungkinkan pemrosesan data spasial yang sangat besar tanpa menghadapi kendala teknis IT yang umumnya terjadi. Platform ini juga menyediakan akses mudah ke sumber daya komputasi yang memiliki kinerja tinggi. Perbedaannya dengan banyak pusat superkomputer lainnya adalah bahwa Earth Engine juga didesain untuk memfasilitasi kolaborasi dan berbagi temuan antara para peneliti. Hal ini memungkinkan temuan dan informasi yang ditemukan dapat dengan mudah dibagikan kepada rekan peneliti, pembuat kebijakan, organisasi non-pemerintah, personel lapangan, dan bahkan masyarakat umum.

2.4. Klasifikasi Citra (*Image Classification*)

Menurut Purwadhi (2001), untuk mengelompokkan atau membagi fitur-fitur yang homogen dalam citra, digunakan teknik kuantitatif. Proses klasifikasi citra dapat dijalankan melalui tiga pendekatan, yaitu:

1) Klasifikasi terbimbing atau *supervised classification*

Klasifikasi di mana jenis objek dan nilai spektralnya diketahui, yang mendasarkan pada contoh wilayah.

2) Klasifikasi tidak terbimbing atau tidak terselia (*unsupervised classification*)

Klasifikasi di mana jenis objek dan rentang sampel nilai spektralnya tidak diketahui.

3) Klasifikasi gabungan atau hibrida (*hybride classification*)

Klasifikasi gabungan atau hibrida menggunakan kedua metode, kombinasi klasifikasi terbimbing dan tak terbimbing.

2.4.1. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Menurut Afasel *et al.* (2022), klasifikasi terbimbing melibatkan interaksi analisis yang intens, di mana dilakukan proses identifikasi objek dalam citra (area pelatihan). Untuk mendapatkan daerah referensi tertentu, setiap sampel harus diambil dengan mempertimbangkan pola spektral dari masing-masing panjang gelombang.

Menurut Rayes (2007), klasifikasi terbimbing berdasarkan pengenalan pola spektral terdiri dari tiga fase, sebagai berikut.

1) Fase sampel pelatihan

Fase sampel pelatihan adalah analisis yang mengumpulkan "interpretasi utama" serta mengembangkan spektrum numerik dari setiap fitur dengan memeriksa batas-batas wilayah pelatihan.

2) Fase klasifikasi

Setiap sampel piksel dalam dataset citra dibandingkan dengan setiap kategori dalam kunci interpretasi numerik. Hal ini dilakukan dengan menentukan nilai piksel yang tidak diketahui dan paling mirip dengan kategori yang sesuai. Setiap piksel citra dibandingkan dengan menggunakan berbagai strategi klasifikasi yang berbeda, seperti strategi klasifikasi dengan jarak rata-rata kelas minimum, paralelepiped, atau maximum similarity yang dapat dipilih. Setiap piksel yang akan diinterpretasikan diberi label atau nama tertentu, dan matriks multidimensi dibuat untuk menentukan jenis kategori tutupan lahan.

3) Fase keluaran

Matriks yang dihasilkan diplot untuk membentuk peta tutupan lahan, membuat tabel matriks untuk area dengan tipe tutupan lahan yang berbeda pada citra.

2.4.2. Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Unsupervised classification menggunakan algoritma untuk memeriksa atau menganalisis sejumlah besar piksel dalam citra yang tidak diketahui dan mengklasifikasikannya ke dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai citra digital. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi tidak terbimbing, artinya pembagian kelas didasarkan pada pola spektral dalam citra. Oleh karena itu, pengelompokan kelas didasarkan pada nilai spektral alami dalam citra, dan identitas dari setiap kelas spektral tidak ditentukan sebelumnya karena analisis tidak

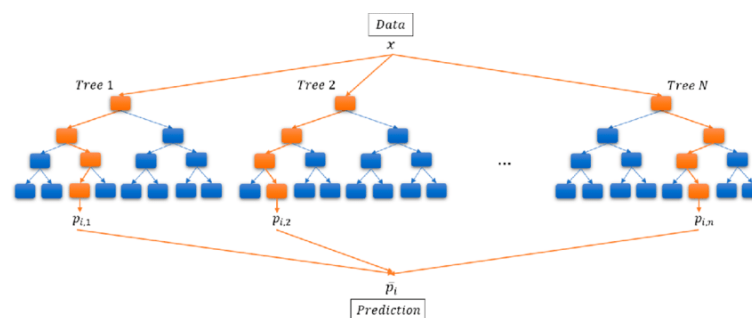
memanfaatkan data referensi eksternal seperti citra referensi untuk mengidentifikasi setiap kelas spectral (Rayes, 2007).

2.4.3. Klasifikasi Gabungan (*Hybrid Classification*)

Teknik klasifikasi gabungan adalah analisis klasifikasi yang menggabungkan kategori informasi yang sesuai referensi dengan kelas spektral dari klasifikasi tidak terbimbing. Pendekatan ini mencakup analisis data tidak terbimbing dan data terbimbing, di mana analisis sampel pelatihan diambil dari kelompok hasil klasifikasi tidak terbimbing untuk pengelompokan terkontrol. Pendekatan dengan teknik *hybrid* biasanya lebih sulit karena beberapa kelas spektral campuran (terkait) ditemukan (Rayes, 2007).

2.5. Algoritma Random Forest

Menurut Breiman (2001), metode Random Forest adalah pengembangan dari algoritma CART (Classification and Regression Trees) yang menerapkan konsep bagging dan elemen acak pada algoritma Decision Tree dalam pembelajaran mesin. Algoritma ini didesain untuk secara acak memilih sejumlah fitur dalam setiap iterasi saat membangun pohon keputusan. Pohon-pohon yang dihasilkan dalam algoritma ini serupa dengan hutan, karena terdiri dari sejumlah iterasi. Hasil keputusan klasifikasi dibentuk dari mayoritas keputusan yang diambil oleh hampir semua pohon yang ada dalam hutan tersebut (Sammut dan Geoffrey, 2017).



Gambar 2.1 Algoritma Random Forest

2.6. Geographic Information System (GIS)

Sistem Informasi Geografis (SIG atau GIS) adalah suatu sistem terkomputerisasi yang mampu mengelola data yang memiliki referensi geografis. Fungsi-fungsi utama dari GIS meliputi manajemen data (termasuk penyimpanan dan pengambilan data), manipulasi dan analisis data, serta input dan output data.

Output data yang dihasilkan oleh GIS dapat digunakan sebagai dasar atau acuan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan masalah geografis, meskipun penggunaan output tersebut tidak selalu wajib dalam proses pengambilan keputusan (Aronoff, 1989).

Ada empat komponen utama yang membentuk GIS, yaitu:

1) Perangkat keras (*hardware*)

Sistem Informasi Geografis (SIG atau GIS) memerlukan spesifikasi perangkat keras yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem informasi biasa. Hal ini disebabkan oleh karakteristik data dalam GIS yang seringkali membutuhkan lebih banyak ruang penyimpanan dan proses analisis yang kompleks. Data geografis seperti peta, citra satelit, dan data spasial lainnya dapat memiliki ukuran yang cukup besar. Selain itu, proses analisis data geografis juga memerlukan kapasitas memori yang besar serta daya pemrosesan yang cepat untuk menjalankan berbagai operasi analisis spasial dan perhitungan kompleks. Oleh karena itu, spesifikasi perangkat keras yang lebih tinggi diperlukan agar GIS dapat berfungsi secara efisien dan akurat. Perangkat keras yang biasa digunakan meliputi komputer pribadi, *mouse*, *printer*, *digitizer*, *GPS*, *plotter*, serta *scanner*.

2) Perangkat lunak (*software*)

Perangkat lunak ini dirancang untuk melakukan analisis, memvisualisasikan, serta menyimpan data baik spasial maupun non-spasial. Dalam komponen perangkat lunak ini juga termasuk alat yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan dan mengelola data GIS.

3) Data

Data menjadi elemen utama dalam GIS, yang beroperasi dengan dua jenis data utama, yaitu data spasial dan data atribut. Konsep ini diuraikan lebih lanjut di bawah ini.

a. Data spasial

Data spasial merupakan data yang mengandung informasi tentang fitur-fitur di permukaan bumi, seperti jalan dan sungai. Jenis data ini terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu data raster dan data vektor. Dalam konteks Sistem Informasi Geografis (SIG), data raster mengacu pada data yang diatur dalam bentuk grid piksel, di mana setiap piksel mewakili nilai atribut di lokasi tertentu.

Contoh dari data raster adalah citra satelit yang dianalisis menjadi piksel-piksel berdasarkan intensitas cahaya.

Sementara itu, data vektor diwakili dengan menggunakan simbol geometris seperti titik, garis, dan bidang (poligon) untuk merepresentasikan fitur-fitur geografis. Titik digunakan untuk merepresentasikan titik koordinat tertentu, garis digunakan untuk merepresentasikan fitur linear seperti jalan, dan bidang (poligon) digunakan untuk merepresentasikan area seperti danau atau kawasan hutan.

Kombinasi data spasial dan atribut memberikan kemampuan lebih lanjut dalam analisis dan pemodelan geografis, memungkinkan pengguna untuk menggabungkan informasi mengenai lokasi dan karakteristik fitur-fitur geografis dalam pemahaman yang lebih komprehensif.

b. Data atribut

Data atribut merujuk pada informasi yang berhubungan dengan karakteristik atau atribut dari data spasial. Data ini mengandung informasi seperti nama, ukuran, jenis, dan atribut lainnya yang terkait dengan setiap fitur dalam data spasial.

Dalam data vektor, data atribut disimpan secara terpisah dalam bentuk tabel terstruktur, di mana setiap baris tabel mewakili satu fitur geografis, dan kolom-kolom tabel menggambarkan atribut-atributnya. Misalnya, dalam data peta jalan, tabel atribut dapat mencakup kolom untuk nama jalan, jenis jalan, panjang, dan lain sebagainya.

Sementara itu, dalam data raster, data atribut biasanya terkait dengan nilai-nilai yang diwakili oleh setiap piksel dalam grid. Misalnya, dalam citra satelit, data atribut dapat mencakup informasi tentang intensitas cahaya pada setiap piksel.

4) Sumberdaya manusia (*brainware*)

Peran sumber daya manusia memiliki tingkat penting yang sangat signifikan, karena tanpa partisipasi manusia, sistem tidak dapat berfungsi dengan optimal. Dengan demikian, manusia menjadi elemen yang mengendalikan sistem dan melakukan analisis yang diperlukan.